

**АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

На правах рукописи

САРБОПЕЕВА МАНШУК ДАГИСТАНОВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЫБОРА ПОРОДОРАЗ-
РУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН**

2523.01 – «Технология бурения скважин»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание учёной степени
доктора философии по технике

БАКУ – 2016

Работа выполнена в Институте Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана.

Научный руководитель: чл.-корр. НАН Азербайджана,
доктор технических наук,
профессор **Г.М.Эфендиев**

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор **Н.Э. Зейналов**

кандидат технических наук
А.А. Багиров

Ведущая организация: Трест Комплексных Буровых Работ
ГНКАР

Защита диссертации состоится «17» марта 2016г. в 11⁰⁰ часов на заседании Диссертационного Совета D.02.141 при Азербайджанском Государственном Университете Нефти и Промышленности.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности.

Адрес: AZ 1010, г. Баку, пр. Азадлыг, 34.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные круглой печатью и подписями, просим направлять по вышеуказанному адресу на имя учёного секретаря.

Автореферат разослан «___» февраля 2016г.

Учёный секретарь
Диссертационного Совета D.02.141
д.т.н., проф.

А.М.Алиев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Увеличение добычи нефти неразрывно связано с ростом объема буровых работ. В связи с этим большое значение приобретает повышение показателей бурения скважин. Для достижения этой цели необходимо совершенствование технологии бурения, в частности, на основе оптимизации режимных параметров.

Развитие систем и средств получения информации позволяет решать эту задачу на более высоком уровне. Геолого-технологические исследования создают условия для успешного решения задач анализа информации и повышения тем самым эффективности породоразрушающего инструмента в оперативном порядке.

Уровень развития техники и технологии в настоящее время выдвигает соответствующие требования к методикам проектирования оптимальных режимных параметров бурения, учитывающих способность современных долот пройти за одно долбление большой интервал, и основывающихся на моделях, учитывающих влияние технико-технологических параметров и геологических условий на показатели бурения. При этом информация, имеющаяся в распоряжении лиц, принимающих решение, может быть разного характера, то есть информация по ранее пробуренным скважинам и информация, поступающая в процессе бурения, в зависимости от этого и подход к принятию решений будет различным. Поэтому одними из главных этапов являются получение и правильное использование информации с целью оперативного принятия решений при бурении скважин.

Исходя из этого, проблема повышения эффективности работы долот в зависимости от характера комплексной геолого-технологической информации, является актуальной и требует соответствующего внимания.

Цель работы. Совершенствование методов и моделей прогнозирования показателей работы породоразрушающих инструментов и выбора оптимального сочетания их типов, режимных параметров и показателей свойств горных пород в зависимости от характера исходной информации.

Основные задачи исследований.

- оценка показателей свойств горных пород, оказывающих влияние на их буримость;

- разработка алгоритма принятия решений в зависимости от характера исходной информации;
- прогнозирование показателей бурения и принятие оптимальных решений по данным ранее пробуренных скважин;
- разработка алгоритма оптимизации режимных параметров по данным геолого-технологических исследований, поступающим в процессе бурения скважин.

Научная новизна:

- предложена схема расчёта и анализа технико-экономических показателей бурения скважин (проходки на долото, механической скорости и стоимости метра проходки) с применением к обработке данных подхода, основанного на статистическом методе скользящей средней;
- в зависимости от характера исходной информации предложено два научно обоснованных подхода к принятию оптимальных решений по выбору режимных параметров: на основе данных по ранее пробуренным скважинам, а также в процессе бурения по мере поступления геолого-технологической информации;
- разработаны и реализованы алгоритмы оценки оптимальных режимных параметров по двум критериям - рейсовой скорости и стоимости метра проходки в выделенных путём нечёткой кластеризации по комплексу признаков однородных интервалах пород.

Защищаемые положения:

- расчётная схема анализа технико-экономических показателей бурения скважин (проходки на долото, механической скорости и стоимости метра проходки);
- модели прогнозирования скоростей проходки при бурении скважин на различных месторождениях, основывающиеся на результатах геолого-технологических исследований и учитывающие режимные параметры, а также показатели свойств горных пород;
- алгоритм и методика принятия оптимальных решений по выбору режимных параметров как на основе данных по ранее пробуренной скважине, так и по мере поступления геолого-технологических данных в процессе бурения.

Методы решения поставленных задач. При выполнении ра-

боты использовались статистические методы обработки данных и анализа информации (регрессионного анализа, случайного поиска), а также принятия решений при нечетких целях и ограничениях.

Практическая ценность работы. В зависимости от характера исходной информации предложены два методических подхода, позволяющих оптимизировать режимные параметры по геолого-технологической информации о результатах ранее пробуренных скважин, а также поступающей в процессе бурения. Практическая значимость работы вытекает из следующих результатов: предложена усовершенствованная схема прогнозных расчётов показателей бурения и принятия решений при выборе долот и режимных параметров с учётом свойств горных пород в условиях неопределённости; предложен алгоритм прогнозирования показателей бурения скважин (рейсовая скорость и стоимость 1 м проходки) и выбора оптимальных режимных параметров по данным геолого-технологических исследований в процессе бурения; в результате комплексной интерпретации ГИС и ГТИ, а также реализации алгоритма оптимизации режимных параметров проведена оценка классификационных признаков горных пород, оказывающих влияние на их буримость, определены оптимальные значения режимных параметров на примере скважин месторождений Казахстан.

Реализация работы в промышленности. Методические подходы, предложенные в работе, были использованы при анализе и принятии решений по выбору оптимальных параметров режима бурящихся скважин.

Разработаны и предложены рекомендации по выбору режимных параметров, внедрение которых на скважинах АО "Озенмунайгаз" позволило добиться повышения показателей бурения (увеличения скоростей бурения, уменьшения стоимости метра проходки) за счёт снижения количества долот, времени, затраченного на механическое бурение и непроизводительные затраты.

При этом коммерческая скорость увеличилась на 51,4 м/ст.мес, т.е. в 1,086 раз, экономия затрат на 1м составила 9513,3 тенге (1доллар США=185тенге), о чём имеется соответствующий акт, прилагаемый к работе.

Достоверность полученных результатов обосновывается и подтверждается использованием большого фактического материала по скважинам и применением методов математической статистики, с

оценкой с помощью соответствующих условий и критериев при обработке данных, анализе, оценке полученных зависимостей, а также фактическими результатами бурения скважин и полученной при этом геолого-технологической информацией.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на 10-й Международной конференции по применению нечётких систем (г.Лиссабон, Португалия, 2012 год), Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс: Техника, технологии и образование» (г.Актау, Казахстан, 2012 год), Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию Мангистауского политехнического колледжа «Актуальные проблемы нефтегазовой отрасли» (г.Актау, Казахстан, 2012 год), 5-й Международной научной конференции молодых ученых и студентов «Фундаментальная и прикладная геологическая наука: Достижения, Перспективы, Проблемы и пути их решения»,(г.Баку, Азербайджан, 2013год), семинарах и заседаниях секции Института Геологии и Геофизики НАН Азербайджана, семинарах кафедры "Нефтегазовое дело и геология" Каспийского Государственного Университета Технологий и Инжиниринга им. Ш.Есенова.

Публикации. По теме диссертации опубликовано **6** работ, в том числе **3** материала международных научных и научно-практических конференций.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников из 105 наименований и приложения, изложена на 165 страницах, включая 15 (6 в приложении) таблиц и 21 рисунок.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность рассматриваемой проблемы, сформулированы цель, основные задачи исследований, защищаемые положения, показана научная новизна, практическая ценность диссертационной работы.

Первая глава посвящена анализу современного состояния проблемы совершенствования методов и моделей прогнозирования показателей работы долот. Показано, что несмотря на большое количество исследований, все же одной из главных задач на пути совершенствования техники и технологии бурения глубоких скважин является исследование основных закономерностей процессов разрушения горных

пород, взаимосвязей между показателями свойств горных пород, режимными параметрами и показателями эффективности бурения.

Эффективный выбор оптимального сочетания технико-технологических средств с горно-геологическими условиями проводки скважин требует наряду с использованием показателей свойств горных пород применения современных математических методов анализа информации и принятия оптимальных решений, учитывающих всю сложность (неточность, неопределенность, и др.) процесса бурения скважин.

Повышение технико-экономических показателей процесса бурения скважин с учетом отмеченного может быть достигнуто за счет четкой систематизации проблем, получения и использования комплексной информации путем экспериментальных исследований в лабораторных и промысловых условиях, привлечения геолого-геофизической, а также геолого-технологической информации.

Эти исследования позволяют создать методы и модели прогнозирования показателей бурения скважин при заданных конструктивных и технологических параметрах, с помощью которых представляется возможным определение области оптимальных режимов бурения, а также типов долот.

На протяжении многих лет, проводились исследования, посвященные изучению свойств горных пород, а также созданию моделей, позволяющих на этой основе прогнозировать показатели бурения скважин.

В процессе их выполнения сформировались соответствующие направления, методические принципы и подходы к решению поставленных задач. Поэтому для наиболее полного анализа выполненные к настоящему времени исследования рассматриваются нами путем предварительной систематизации их по направлениям:

- исследования, посвященные определению комплекса характеристик горных пород, необходимых для прогнозной оценки работы породоразрушающего инструмента;
- исследования, посвященные решению задач оценки характеристик геологического разреза и классификации геологических разрезов на пачки одинаковой буримости, основанные на результатах использования комплексной геолого-технологической информации;
- исследования, посвященные разработке мероприятий по повышению эффективности работы породоразрушающего инструмента.

Приведенный в работе краткий обзор показал, что за последние

десятилетия накоплено большое количество исследований, посвящённых процессу взаимодействия инструмента с породой, предложены различные методы и средства для определения показателей физико-механических свойств горных пород. Разработанные методы позволяют оценивать свойства горных пород как по кернам, шламу, с помощью геолого-геофизической информации, геолого-петрографическому (качественному) описанию пород, так и по данным геолого-технологических исследований в процессе бурения, что успешно осуществляется в последние годы. При этом основу составляют корреляционные зависимости между оцениваемыми характеристиками геологического разреза. В некоторых работах уделено внимание прогнозированию свойств горных пород в случае неопределённости с помощью нечётких правил, которые позволяют на основе качественного описания горных пород количественно оценивать твёрдость, сплошность и абразивность.

Выполненные исследования служили основой при изучении показателей работы долота, которые позволяли строить математические (детерминированные, статистические) модели, в той или иной степени являющиеся однотипными (так называемые базовые модели), развивающиеся путем последовательного введения в них различных факторов. Однако при конкретных геологических условиях практическое применение этих моделей было затруднено вследствие специфических особенностей рассматриваемых условий, различного рода неопределённостей, неоднородности геологического разреза. Поэтому предлагалось расчленение геологических разрезов на пакки одинаковой буримости, для чего использовались различные классификационные методы.

В целом, как показывает анализ выполненных за последние годы работ, добиться повышения уровня принимаемых решений в настоящее время можно при использовании комплексной геолого-геофизической и технологической информации. Проводимые в настоящее время геолого-технологические исследования позволяют сделать это непосредственно в процессе бурения скважин. Исходная информация может быть различной, и от её характера будет зависеть тот или иной подход к работам по принятию решений. Такой подход позволит решить задачу выбора оптимальных типов долот и режимных параметров, как на стадии проектирования бурения скважин, так и в процессе бурения.

Такая информация может быть получена разными путями. Для

ее получения и использования необходимо, на наш взгляд, использовать результаты геолого-технологических исследований, которые позволяют оценить характеристики геологического разреза непосредственно в процессе бурения. При этом очень важно учесть условия, при которых протекает процесс бурения, а именно: неоднородность, нечеткость и случайный характер факторов, для чего расширение области применения различных методов принятия решений при недостаточной информации может послужить надежной основой.

Исходя из этого, сформулированы приведённые выше основные задачи, на которых необходимо, на наш взгляд, сосредоточить внимание в дальнейших исследованиях. Общая схема диссертационной работы показана на рис. 1.

Вторая глава посвящена статистическому анализу технико-экономических показателей работы долот. К настоящему времени накоплены значительный опыт и соответствующий фактический материал относительно отработки буровых долот различных типов.

Обычно такие данные отражены в буровых журналах, и могут быть использованы для построения статистических моделей отработки долот, и позволяют в зависимости от поставленной задачи учитывать параметры режима бурения и бурового раствора, тип долота, условия бурения, физико-механические характеристики разбуриваемых горных пород. Известно, что полученные при стендовых экспериментах по отработке породоразрушающего инструмента зависимости, связывающие показатели работы долота с параметрами режима бурения, как правило, не выполняются в реальных условиях бурения скважин. Как отмечается в литературе, очень часто сравнение стендовой и промышленной эмпирических зависимостей, построенных по результатам стендовых исследований показывает их полное несоответствие реальным данным. Преимуществом таких зависимостей является возможность управления факторами, однако они нуждаются в идентификации к реальным условиям с оценкой их параметров. Это связано с появлением в реальных условиях различных неучтённых факторов, а также различного рода неопределённостей. Учитывая развитие и широкое распространение систем геолого-технологического контроля, позволяющих получать относительно точную информацию, в качестве исходных данных для статистического анализа представляется возможным использовать фактические результаты отработок долот в реальных условиях. Оценке физико-механических свойств горных пород посвящены

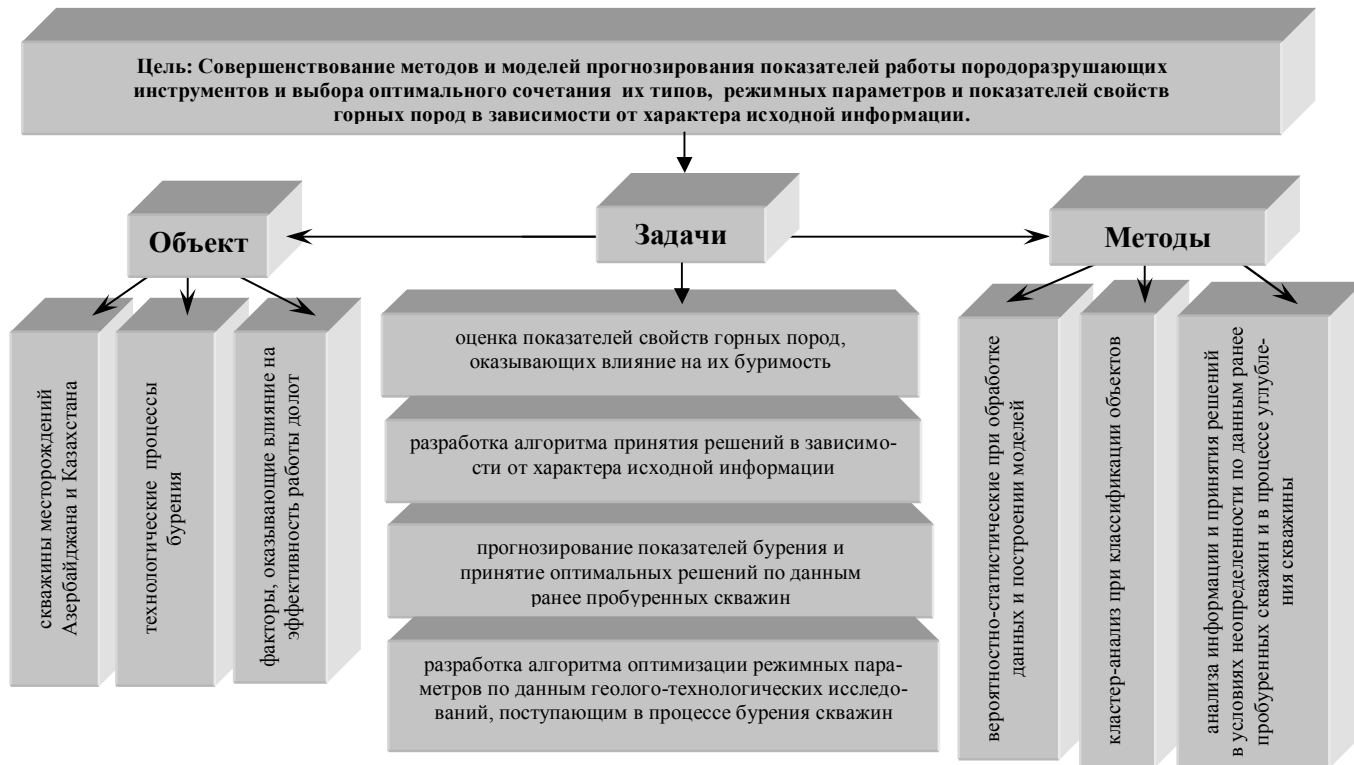


Рис. 1. Структурная схема диссертационной работы.

многочисленные исследования, и предложены различные методы, в зависимости от исходных данных позволяющие получить необходимую информацию. В качестве объектов исследований выбраны скважины месторождений Карабаглы (Азербайджан), Актум, Кокмай, Карамандыбас, Южный Коктау, месторождений Прикаспия (Казахстан), Волго-Уральского нефтегазового района (Илетская, Марий Эль, Россия). В этой же главе даётся краткая информация о месторождениях, по которым была собрана информация, их геологическом разрезе и показателях бурения скважин.

Выполнен анализ технико-экономических показателей бурения скважины. При обработке данных с целью сглаживания и уточнения тенденции был применен один из методов обработки динамических рядов – метод скользящей средней (иногда его называют «методом скользящего окна»).

С помощью отмеченного метода строились зависимости проходки на долото, механической скорости и стоимости метра проходки от глубины. На графиках прослеживается снижение амплитуды точек, в то же время тенденция графика становится более заметной.

Выбор долот и режимных параметров для конкретных условий бурения является важнейшим фактором оптимизации и в конечном счёте снижения стоимости буровых работ. Вопросы выбора долот и режимных параметров требуют постоянного изучения закономерностей процесса разрушения горных пород, сравнительного анализа показателей работы долот в различных условиях их отработки на основе классификации горных пород по их свойствам на однородные группы.

В результате такого анализа необходимо построение моделей, позволяющих прогнозировать показатели работы долот. Поступающая информация о процессе бурения может быть различной по характеру, поэтому при рассмотрении методики выбора долот и режимных параметров необходимо учесть характер исходной информации.

При наличии данных о ранее пробуренных скважинах данные необходимо отсортировать, обработать, построить необходимые зависимости, которые позволят проводить прогнозную оценку показателей бурения и из прогнозных выбрать наилучшее сочетание типа долот, режимных параметров и свойств горных пород. При проведении геолого-технологических исследований данные поступают непосредственно в процессе бурения, что даёт возможность принимать решения в ходе этого процесса. В таком случае также должен быть свой методи-

ческий подход. В данном случае на скважинах, о результатах бурения которых идёт речь, проводились геолого-технологические исследования и были использованы современные долота.

Выполненный в рассматриваемых скважинах комплекс геолого-технологических и геофизических исследований позволяет иметь полное представление об условиях, технологии и показателях процесса бурения. Для принятия решений необходимо сформировать вначале исходный массив.

Таким образом, исходная информация может быть различной:

- результаты по ранее пробуренным на данной площади (месторождении) или аналогичных площадях (месторождениях) скважинам;
- результаты, поступающие в процессе бурения, которые имеют важное значение при недостаточной информации о бурении скважин или ее отсутствии.

От характера исходной информации, полученной тем или иным путем, зависит и подход, осуществляемый к принятию решений. В связи с этим нами рассматриваются вопросы принятия решений в том и другом случае. Схематически общий алгоритм принятия решений приведён на блок-схеме, показанной на рис. 2.. Из рисунка видны пути анализа и принятия решений в случае использования информации по ранее пробуренным скважинам, а также по результатам геолого-технологических исследований в процессе бурения скважин. Согласно данному алгоритму при постановке задачи необходимо установить основные переменные величины, определить соотношение между ними, установить характер изучаемых условий, и, таким образом, подойти к построению модели.

Процессы построения модели и сбора, обработки данных, то есть получения информации, зависят от характера информации. Если по ранее пробуренным скважинам имеется предварительная информация, то расчёты проводятся согласно блокам, расположенным на левой ветви схемы, если таких данных нет или они имеются в недостаточном объёме, то расчёты проводятся по данным геолого-технологических исследований в процессе бурения по мере их поступления. Согласно данному алгоритму процесс принятия решений реализуется в зависимости от характера исходной информации и в связи с этим на схеме показана последовательность расчётов для того и дру-

того случая. Все рассматриваемые при этом факторы, определяющие процесс бурения скважин, можно разделить на три группы. Об этом в той или иной степени отмечается в работах различных исследователей.



Рис.2. Блок-схема принятия решений при бурении скважин в зависимости от характера исходной информации

Третья глава посвящена прогнозированию показателей работы долот и принятию решений по данным ранее пробуренных скважин. Как уже отмечалось, в комплекс работ по прогнозированию показателей бурения и принятию оптимальных решений входят оценка показателей свойств горных пород и классификация геологического разреза по этим характеристикам на однородные пакки. На этой основе выбираются поочередно однородные группы пород, в пределах которых фиксируются интервалы, в которых отрабатывались долота одного типа. Далее последовательность расчетов следующая:

- анализ изменения механической скорости во времени, в ре-

зультате которого для каждого долота определяется начальная механическая скорость и темп снижения механической скорости во времени;

- построение зависимостей начальной механической скорости и темпа снижения механической скорости во времени от режимных параметров;

- проведение вариантных расчетов проходки на долото, рейсовой скорости и стоимости 1 м проходки, выбор и расчет для каждого варианта функций принадлежности;

- принятие решений.

В качестве исходных используются данные ранее пробуренных скважин, сгруппированные для однородной группы пород.

К настоящему времени накоплен значительный опыт применения фактического материала относительно отработки буровых долот различных типов при построении моделей процесса бурения.

Наблюдения различных исследователей показывают полное несоответствие друг другу при сравнении стендовой и промышленной эмпирических зависимостей. Поэтому в качестве исходных данных для статистического анализа были выбраны результаты отработок долот в реальных условиях.

Основная сложность построения моделей связана с неопределённостями при оценке свойств горных пород, влияния режимных параметров.

Результаты анализа данных завершённых бурением скважин показывают наличие значительного резерва повышения технико-экономических показателей строительства скважин за счет подбора рациональной гаммы долот и соблюдения режимов бурения.

В целом, основные этапы построения модели отработки долот следующие:

- постановка исследований;
- формирование исходного информационного массива, оцифровка качественных признаков;
- статистический анализ влияния различных факторов на величину скорости проходки долот;
- выбор вида модели, ее построение;
- оценка адекватности построенной модели.

В разное время различными специалистами проводились наблюдения за изменением механической скорости во времени. Эти зависимости имеют важное значение для анализа влияния условий бу-

рения на показатели этого процесса, прогнозирования для новых аналогичных условий проходки на долото, рейсовой скорости, стоимости 1 м проходки и выбора на этой основе режимных параметров, которые обеспечат наилучшие показатели бурения.

Для анализа были использованы данные геолого-технологических исследований процесса бурения скважин. По данным бурения скважин выделены интервалы отработки долот одного типа-размера в пределах рассматриваемой однородной группы пород. Для каждого из долот, обработанных в этих интервалах, построены зависимости механической скорости от времени. Для аналитической аппроксимации выбрана ранее предложенная различными исследователями простая экспоненциальная функция в виде:

$$v_m = v_0 * e^{-\lambda t} \quad (1)$$

где v_0 – начальная механическая скорость, м/ч; λ – темп снижения механической скорости во времени, ч⁻¹.

В результате статистической обработки зависимостей механической скорости от времени получены значения v_0 и λ .

С использованием полученных значений v_0 и λ , а также данных бурения в рассматриваемой породе, нами проведен статистический анализ с целью установления зависимостей вида

$$v_0 = f\left(\frac{G}{D}, n, Q\right) \quad \text{и} \quad \lambda = f\left(\frac{G}{D}, n, Q\right), \quad (2)$$

где $\frac{G}{D}$ – удельная осевая нагрузка (G – осевая нагрузка, кН, D – диаметр долота, см), n – частота вращения, мин.⁻¹, Q – расход бурового раствора, л/с.

Анализ проводился методом случайного поиска путем оценки параметров моделей в виде:

$$v_0 = a \left(\frac{G}{d}\right)^b n^c Q^d \exp\left(-e\left(\frac{G}{d}\right) - f * n - g * Q\right) \quad (3)$$

Согласно данному методу для оценки параметров моделей (2) вначале была принята модель вида (3), исходя из предварительного анализа, а также обобщения данных ранее выполненных исследований были заданы их границы изменения с соответствующими шагами. Неизвестные параметры моделей, как отмечалось, для v_0 и λ были найдены с помощью реализации программы случайного поиска, исходя из

условий:

$$\begin{aligned}\Sigma(v_0 - v_{0p})^2 &\rightarrow \min \\ \Sigma(\lambda - \lambda_p)^2 &\rightarrow \min\end{aligned}\quad (4)$$

В результате статистического анализа путём соответствующих преобразований были построены линейные модели, для чего переменные представлены в логарифмах и преобразованы в мультипликативный вид. При этом по данным бурения скважин долотами Российского производства и РДС на месторождениях Кокмай, Карамандыбас, Актум, Южный Коктау (Казахстан), Кюровдаг (Азербайджан), Илетская (Россия) получены зависимости, параметры которых в процессе обработки уточнялись методом случайного поиска.

Получены также уравнения для соответствующих типов долот в данной породе, выражающие зависимость времени бурения от режимных параметров.

С целью проведения вариантных расчетов задавались границы изменения значения режимных параметров и их шаги. Для всех этих вариантов проводились расчеты рейсовой скорости и стоимости 1 м проходки. Наилучшие по прогнозам режимные параметры определялись с помощью отмеченных двух критериев с применением теории нечетких множеств. Согласно этому множество решений представляет собой пересечение множеств целей (добиться наибольшей рейсовой скорости) и ограничений (при наименьшей стоимости 1 м проходки). Для этого выбирался вид функции принадлежности множеств цели и ограничения. Для всех расчетных вариантов (при различных сочетаниях режимных параметров) рассчитывались функции принадлежности цели и ограничения. Функция принадлежности множества решений оценивалась как $\min(\mu_v, \mu_c)$. Наибольшее значение функции принадлежности множества решений в совокупности расчетных данных соответствует наилучшему решению.

Четвёртая глава посвящена принятию оптимальных решений по данным геолого-технологических исследований, поступающим в процессе бурения скважин. Накопленные к настоящему времени работы свидетельствуют о большой роли геолого-технологических исследований в выборе оптимальных режимных параметров, параметров бурового раствора, обеспечивающих высокие показатели бурения скважин. Большое значение геолого-технологических исследований заключается также и в том, что они позволяют уточнять характеристики геологического разреза и принимать технологические решения

оперативно, в процессе бурения скважин. Это важно также при отсутствии информации или её недостаточном объёме по ранее пробуренным скважинам.

Как следует из опыта выполнения подобных исследований, принимаемые решения, в основном, опираются на модели процесса, выражающие зависимость одного из показателей бурения (механической скорости, рейсовой скорости, стоимости метра проходки) от показателей свойств горных пород, режимных параметров, типа породоразрушающего инструмента.

Современный уровень математических методов, наличие различных программ позволяют максимально использовать возможности геолого-технологической информации, получаемой в процессе бурения скважин и принимать оперативные технологические решения. В результате анализа различных исследований нами разработан алгоритм оптимизации режимных параметров в процессе бурения скважин, описание которого приводится ниже. В работе представлена блок-схема алгоритма оптимизации режимных параметров по данным, поступающим в процессе бурения. Оптимизация проводится на основе двух критериев – рейсовой скорости и стоимости 1 м проходки. Вначале на основе данных, поступающих в процессе бурения через короткие интервалы, формируется исходный массив. Количество строк массива устанавливается в процессе построения моделей. В нашем случае минимальное количество равно 20. массив включает данные об удельной осевой нагрузке, частоте вращения, расходе бурового раствора, механической скорости, а также текущей проходки (в данном случае через каждые 5 м). Как и в предыдущем разделе, модели для механической скорости и проходки на долото выбраны в мультипликативно-экспоненциальном виде. Этот вид моделей удобен тем, что в частном конкретном случае учитывается разный характер исследуемой зависимости, выраженный в значениях входящих в нее параметров. По поступившим данным осуществляется оценка параметров моделей механической скорости и проходки на долото. Вначале задаются интервалы изменения искомых параметров и их шаги, как в предыдущем случае.

Как уже отмечалось, в качестве критериев оптимизации нами используются два критерия – рейсовая скорость и стоимость 1 м проходки.

Режимные параметры устанавливаются, исходя из максимума

рейсовой скорости и минимума стоимости 1 м проходки. Для этого проводятся вариантыные расчеты этих показателей при заданных границах и шагах режимных параметров, которые выбираются исходя из данных конкретных условий. Экстремумы находятся методом случайного поиска для условий изменения режимных параметров.

Таким образом, предложены усовершенствованные модели, основывающиеся на использовании математической статистики, современных технологий обработки данных и анализа информации, основной задачей которых является прогнозирование показателей бурения и поиск оптимальных технологических решений, обеспечивающих максимум скорости и минимум затрат на бурение метра проходки.

Проведённые исследования позволяют сформулировать следующие основные выводы и рекомендации.

Основные выводы и рекомендации

1. Выполнен анализ технико-экономических показателей бурения скважин (проходки на долото, механической скорости и стоимости метра проходки) с применением к обработке данных подхода, основанного на статистическом методе скользящей средней.
2. Предложены математические модели процесса бурения скважин, основными элементами которых являются механическая скорость проходки, а также факторы, оказывающие влияние на её значения. Показана возможность использования этих моделей, для исследования основных интегральных показателей эффективности процесса бурения: рейсовой скорости, стоимости проходки одного метра скважины и проходки на долото.
3. Разработана методика получения зависимости механической скорости от времени бурения в виде экспоненциальной зависимости, отличающаяся от известных тем, что параметры данного выражения (темп снижения механической скорости во времени и начальная механическая скорость) представляют собой функции режимных параметров и свойств горных пород.
4. Предложена усовершенствованная схема прогнозных расчётов показателей бурения и принятия решений при выборе долот и режимных параметров с учётом свойств горных пород в зави-

симости от характера исходной информации.

5. Путём анализа и исследования процесса бурения предложен алгоритм прогнозирования показателей бурения скважин и принятия оптимальных решений по данным геолого-технологических исследований в процессе бурения, использование которого позволяет найти оптимальные значения режимных параметров из условия обеспечения максимума рейсовой скорости и минимума стоимости 1 метра проходки.
6. Разработаны и предложены рекомендации по выбору режимных параметров, внедрение которых позволило добиться увеличения коммерческой скорости на 51,4 м/ст.мес, т.е. в 1,086 раз, экономии затрат на 1м в размере 9513,3 тенге (1доллар США=185тенге), что подтверждается соответствующим документом.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в следующих работах:

1. Guliyev H.H., Mammadov P.Z., Kirisenko O.G., Bisembayeva K.T., Sarbopeyeva M.D., Kizilgulov V., Novruzov H.M. Decision-making during the drilling of wells, taking into account the uncertainty of conditions. ICAFS–2012, Tenth International conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing, Lisbon, Portugal, August 29-30, 2012, s. 193-198.
2. Эфендиев Г.М., Сарбопеева М.Д., Кызылгулов В.К. Выбор оптимальных параметров бурения. Нефть и газ, №3 (69), Алматы, 2012, с. 41-47.
3. Эфендиев Г.М., Сарбопеева М.Д. Статистический анализ технико-экономических показателей отработки долот. Материалы Международной научно-практической конференции “Инновационное развитие нефтегазового комплекса Казахстана”, 2013, часть 1, Актау, с. 557-562.
4. Сарбопеева М.Д. К вопросу анализа технико-экономических показателей отработки долот и принятия на этой основе решений. Тезисы 5-й Международной научной конференции молодых ученых и студентов «Фундаментальная и прикладная геологическая наука: Достижения, Перспективы, Проблемы и пути их решения», г.Баку, ноябрь, 2013г, с. 298-301.
5. Сарбопеева М.Д. Анализ технико-экономических показателей бурения скважин. Управление качеством в нефтегазовом комплексе. Москва, 2013, №3, с.11-13.

6. Сарбопеева М.Д. Статистический анализ результатов бурения и принятие решений по выбору долот и режимных параметров. Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку, 2015, №7-8, с. 67-71.

Личный вклад соискателя

[1] - сбор и обработка данных; [2] - участие в постановке задачи, статистический анализ информации; [3] - сбор, обработка данных и анализ информации; [4], [5], [6] - выполнены самостоятельно;

Sarbopeyeva Manşuk Dağıstanovna

**QUYULARIN QAZILMASI ZAMANI SÜXURDAĞIDICI ALƏT
VƏ TEXNOLOJİ HƏLLƏRİN SEÇİLMƏSİ ÜSULLARININ
TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ**

XÜLASƏ

Təqdim olunmuş dissertasiya işi qazma baltaları və rejim parametrlərinin seçilməsi üsullarının təkmilləşdirilməsinə həsr edilmişdir. İş giriş hissəsi, dörd fəsil, nəticə və təkliflərdən ibarətdir.

Giriş hissəsində baxılan problemin aktuallığı əsaslandırılır, tədqiqatların məqsədi, əsas məsələləri, müdafiə olunan əsas müddəalar ifadə olunur, dissertasiya işinin elmi yeniliyi, eləcə də praktiki əhəmiyyəti göstərilir.

Birinci fəsildə son illər ərzində quyuların qazılması zamanı baltaların işinin modelləşdirilməsinə, balta tipi və rejim parametrlərinin seçilməsi üzrə qərarların qəbul edilməsinə həsr olunmuş tədqiqatların təhlili verilir, dissertasiya işindəki tədqiqatların əsas prinsip və məsələləri əsaslandırılır. Verilmiş qısa icmaldan görünür ki, baltaların işinə çoxlu sayda tədqiqat həsr olunmağına baxmayaraq, indiki dövrdə işlədilən geoloji-texnoloji tədqiqat nəticələri və bununla yanaşı müvafiq müasir üsul və yanaşmalardan az istifadə olunur. Burada əldə edilən informasiyanın müxtəlif xüsusiyyətə malik olması mümkünlüyü nəzərə alınmalı, qərarların qəbul edilmə yolları bundan asılı olaraq seçilməlidir.

İkinci fəsil baltaların texniki-iqtisadi göstəricilərinin təhlili və əsas məsələnin qoyuluşuna həsr olunmuşdur. Hal-hazırkı vaxta qədər işlənilib hazırlanmış model və yanaşmaların təhlili nəticəsində belə qərara alınmışdır ki, təqdim olunan dissertasiya işində əsas etibarilə informasiyanın xüsusiyyətindən asılı olaraq qərar qəbul etmək üçün iki yol işlənsin: əvvəllər qazılmış quyular üzrə məlumat olduğu halda, və ikincisi, həmin məlumat olmadığı halda. Bu halda qərar qəbuletmə sxemi bilavasitə qazma zamanı məlumat əldə edilərkən operativ surətdə qərar qəbuletmə prosesi həyata keçirilir. Eyni zamanda qərarların qeyri-müəyyənlik şəraitində qəbul edilməsi nəzərdə tutulur. Həmin iki hala müvafiq olaraq üçüncü və dördüncü fəsillərdə baxılır. Hər iki halda qərarlar iki meyar, reys sürəti və bir metrin maya dəyəri, vasitəsi ilə qeyri-səlis çoxluqlar nəzəriyyəsinin müddəalarını tətbiq etməklə həyata keçirilir.

Üçüncü fəsil əvvəllər qazılmış quyular üzrə mövcud informasiyanın statistik təhlili əsasında modellərin qurulması və balta tipi və rejim parametrlərinin seçilməsi məqsədilə aparılan tədqiqatlara həsr olunub. Mexaniki sürətin zamandan asılılığı təhlil olunub, eksponensial asılılığın parametrləri-başlanğıc sürət və onun zaman keçdikcə azalması

rejim parametrlərindən asılılıqları qurulmuş, bunun əsasında alınmış reys sürəti ifadəsi vasitəsilə hesablamalar aparılıb, bir metrin maya dəyərinin müvafiq qiymətləri təyin olunub, və bu iki meyar vasitəsilə balta tipi və rejim parametrlərinin seçilmə yolları göstərilib və həyata keçirilib.

Qazılmış quyular haqqında məlumat olmadığı halda bilavasitə qazma zamanı alınan geoloji-texnoloji məlumata əsasən operativ surətdə qərar qəbuletmə yolları **dördüncü fəsildə** göstərilir. Həmin fəsildə modellərin qurulması və onlardan qərar qəbul etmək üçün istifadə edilməsi haqqında qeyd olunur.

Sarbopeyeva Manshuk Daqistanovna

Enhancing of methods of selecting of drilling bits and technological solutions during drilling wells

SUMMARY

Presented dissertation work has been devoted enhancing of methods of selecting drilling bits and regime parameters. Dissertation work includes introduction, four chapters, conclusion and suggestions.

In the introduction the actuality of investigating problem is substantiated, the purpose of the research, main aspects and major defended provisions of research are expressed, the scientific innovation as well as practical importance of dissertation work is shown.

On the first chapter the analysis of investigation on recently drilled wells is given which is devoted to modelling of working of bit, decision making of selecting bit type and regime parameters, and the main principles and tasks in the dissertation work are substantiated. As seen short review, though lots of investigations have been devoted to working of bit, nowadays results of geological-technological investigation as well as appropriate modern methods are used sporadically. The possibility of derived information that can possess various features must be taken into account, and the ways of decision making must be chosen from that.

The second chapter has been devoted to the analysis of technological-economic indicators of bits and the way of the question is put. As a consequence of analysis of being made models up to present time it is decided that two ways are offered at the presented dissertation work mainly depending on the feature of information: first - if there is information former drilled wells and second – if there isn't. In this case while deciding scheme gets information directly drilling deciding process is put into practice operatively. At the same time adoption of decisions under conditions of uncertainty is intended. These two cases are investigated in the third and the forth chapters respectively. Decisions are put into practice with two criteria of run speed and the cost per meter, and by applying of provision of "fuzzy logic".

The third chapter devoted to making models which is based on statistical analysis of information taken from former drilled wells and doing

investigations for the purpose of selecting bit types and regime parameters by means of these. Dependency of ROP on time was analyzed, parameters of exponential function dependency – initial velocity and its decreasing depending on time and functional dependency on regime parameters have been built, the calculations have been done with equation of run speed which is based on this information, the value of cost per meter has been estimated, and using this two criterions the ways of selecting of bit types and regime parameters have been shown.

On the forth chapter the ways of making decision operatively are shown with using of geological-technological information directly in drilling when there is not information about drilled wells. Making models and their utilization on making decision are stated on that chapter, too.

Əlyazması hüququnda

SARBOPEYEVA MANŞUK DAQİSTANOVNA

**QUYULARIN QAZILMASI ZAMANI SÜXURDAĞIDICI ALƏT
VƏ TEXNOLOJİ HƏLLƏRİN SEÇİLMƏSİ ÜSULLARININ
TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ**

İxtisas: 2523.01 - «Quyuların qazılması texnologiyası»

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsini almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKI - 2016